

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
NATIONAL BOARD OF PATENTS AND REGISTRATION

Helsinki 17.7.2001

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT

#2
aA
12/31/01
J1033 U.S. PTO
09/954602
09/17/01



Hakija
Applicant

Nokia Mobile Phones Ltd
Espoo

Patenttihakemus nro
Patent application no

20002065

Tekemispäivä
Filing date

19.09.2000

Kansainvälinen luokka
International class

H04L

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Puhekehyksen käsitleminen radiojärjestelmässä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.



Pirjo Kalla
Tutkimussihteeri

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Maksu 300,- mk
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A
P.O.Box 1160
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Puhelin: 09 6939 500
Telephone: + 358 9 6939 500

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

Puhekehyksen käsitleminen radiojärjestelmässä

Ala

Keksinnön kohteena on menetelmä puhekehyksen käsittelyä radiojärjestelmässä, radiojärjestelmä, radiojärjestelmän tilaajapäätelaite, sekä radiojärjestelmän verkko.

Tausta

Radiojärjestelmän siirrettävä puhe koodataan lähettimessä puhekooderilla. Esimerkki puhekooderista on TETRA-järjestelmän (Terrestrial Trunked Radio) ACELP-kooder (Algebraic Code Excited Linear Predictive). TETRA-järjestelmä kuvataan kirjassa John Dunlop, Demessie Girma, James Irvine: Digital Mobile Communications and the TETRA System, John Wiley & Sons Limited 1999, ISBN 0-471-98792-1, joka otetaan tähän viitteeksi. Vastaanottimessa on puhedekooderi, joka muuntaa vastaanotetun puhetta kuvaavan informaation takaisin ihmisen ymmärtämäksi puheeksi. Jos puhekooderi sisältää myös puhedekooderin, laitetta nimitetään puhekoodekiksi.

Puhetta esittävä digitaalinen informaatio kanavakoodataan lähettimessä radiotiellä esiintyvän kohinan aiheuttamien haitallisten vaikutusten estämiseksi. Kanavakoodit voivat olla virheen havaitsevia ja/tai virheen korjaavia. Kanavakoodit voidaan periaatteessa jakaa lohkokoodeihin ja konvoluutiokoodeihin. Molempia koodaustapoja voidaan käyttää myös samanaikaisesti. Eräs lohkokoodi on syklinen redundanssitarkastus (cyclic redundancy check, CRC). Lisäksi käytetään tyypillisesti konvoluutiokoodausta ja sen erilaisia muunnelmia, esimerkiksi punkturoitua konvoluutiokoodausta. Tyypillinen konvoluutiokoodauksen koodaussuhde (code rate), eli käyttäjän databittien lukumäärän suhde kanavan koodattuihin databitteihin, on esimerkiksi 1/2 tai 1/3. Kanavakoodauksen lisänä käytetään usein lomitusta (interleaving). Lomituksessa peräkkäiset bitit sekoitetaan keskenään pitemmälle ajanjaksolle siten, ettei hetkellinen häipyminen radiotiellä riittäisi tekemään kyseisen ajanjakson radiosignaalia tunnistamattomaksi, vaan että siihen aiheutuneet virheet voitaisiin kanavakoodauksen dekodauksella vielä poistaa.

Kanavakoodauksen lisäksi informaatio voidaan salata salakuuntelun estämiseksi. Salaus toteutetaan yleensä siten, että salausalgoritmillä luodaan tiettyjä syöttöparametreja, kuten salausavainta, käyttäen salausmaskia, joka liitetään XOR-operaatiolla (looginen eksklusiivinen TAI -operaatio) yhteen siirrettävän informaation kanssa. Salaus voidaan tehdä joko ennen kanava-

koodausta tai sen jälkeen. Salausta voi myös olla useampitasoista, esimerkiksi salaus radorajapinnan yli, sekä pisteestä-pisteeseen-salausta esimerkiksi kahden tilaajapäätelaitteen välillä. Salauks pystytään purkamaan vastaanottimessa samaa lähetyksessä käytettyä salausalgoritmia käyttäen, kunhan myös
5 syöttöparametrit ovat samat.

Virheenhavaitseva kanavakoodi, esimerkiksi syklisen redundanssi-tarkastuksen laskenta, yleensä ilmaisee kanavakoodattuun puhekehykseen radiotiellä ilmaantuneet bittivirheet, jolloin puhedekooderille lähetetään huonon kehyksen osoitus (Bad Frame Indication, BFI), josta puhedekooderi tietää, et-
10 tei kyseistä puhekehystä kannata yrittää dekoddata. Tällöin puhedekooderissa käytetään yleisesti menettelyä, jossa edellisen ehjän kehyksen parametreja käytetään vahvistusta vähentäen.

On kuitenkin tilanteita, joissa puhekehyksen bittien sopivasti kääntyessä radiotiellä puhekehys ei enää sisällä kelvollista dataa, joka voitaisiin
15 dekoddata puhedekooderilla, vaikka kanavakoodin dekodauksen perusteella puhekehys on virheetön. Koska mahdollisia puhekehyksen sisältämiä bittikombinaatioita on erittäin suuri määrä, esimerkiksi TETRA:ssa $2^{137}-1$ erilaista kombinaatiota, on niiden kaikkien testaaminen käytännössä mahdotonta. Tällöin on mahdollista, että yritettäessä dekoddata viallista puhekehystä, voi puhedekooderin ulostulosta tulla erittäin voimakas virheellinen signaali, joka aiheuttaa epämiellyttävän audioshokin kuuntelijan korvaan, ja pahimmillaan jopa kuulovaurion.
20

Ongelmaa pahentaa se, että esimerkiksi TETRA-järjestelmässä käytetään asiakkaiden toivomuksesta tilaajapäätelaitteen kaiuttimessa suu-
25 rimpia sallittuja maksimitehoja puheen kuuluvuuden maksimoimiseksi meluissa ympäristöissä. Näin ollen kaiuttimpiirin oma, esimerkiksi 100 desibelin tai jopa 110 desibelin, tehonrajoitus ei ratkaise ongelmaa. Ongelmaa pahentaa myös se, että monissa radiojärjestelmissä puhekehyksen ollessa viallinen toistetaan edellisen puhekehyksen dekodaus puhedekooderilla, jolloin jos
30 sekin oli viallinen, mutta kanavakoodin perusteella virheetön, niin silloin dekoddataan peräkkäin kaksi viallista puhekehystä.

Vaikka kanavakoodaus kykenisi havaitsemaan virheet, niin seuraavaksi kuvattava toinen ongelma voi aiheuttaa audioshokin. Yleensä radiojärjestelmissä, esimerkiksi GSM-järjestelmässä (Global System for Mobile Communication), salaus puretaan ennen kanavadekoodausta. Kuitenkin esimerkik-
35 si TETRA:ssa salauksenpurku suoritetaan vasta kanavadekoodauksen jäl-

keen. Tällöin voi syntyä tilanne, jossa puhetta sisältävä puhekehys on oikeasti virheetön myös kanavakoodin perusteella, mutta salauksen purku jostakin syystä, esimerkiksi vääristä syöttöparametreista johtuen, sotkee täysin sinänsä virheettömän puhekehyyksen sisällön. Jos puhedekooderi tunnistaa huonot puhekehyykset kanavakoodin perusteella, esimerkiksi saamalla tarvittaessa huonon kehyksen osoituksen kanavadekooderilta, niin se ei kykene tunnistamaan salauksen purun sotkema puhekehystä, jolle ei tule huonon kehyksen osoitusta. Tällöin puhedekooderi yrittää dekodata sotketun puhekehyyksen, jolloin pahimmillaan seurauksena on jälleen audioshokki. Ongelman tekee todennäköisemmäksi TETRA:ssa oleva kaksitasoinen salausmahdollisuus: radiorajapintasalaus sekä pisteestä-pisteeseen-salaus. TETRA-päätelaitteisiin voi laitteen käyttäjä laittaa oman salausmodulinsa pisteestä-pisteeseen-salauksen suorittamiseksi, jolloin laitteen valmistajalla ei ole mitään mahdollisuutta varmistaa ja testata kyseisen salausmodulin toimintaa, koska salausmoduli käsittelee jo kanavadekoodattua tietoa. Salausmoduli on laitteen valmistajan kannalta musta laatikko, josta ideaalitapauksessa tulee ulos puhetta sisältävä puhekehys, jonka salaus on purettu. Lisäksi salausavaimien päivittämisessä voi esimerkiksi ilmetä virhetilanteita, joissa salausalgoritmin syöttöparametrina käytetään väärää salausavainta.

20. Lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on tarjota parannettu menetelmä, parannettu radiojärjestelmä, parannettu radiojärjestelmän tilaajapäätelaite ja parannettu radiojärjestelmän verkko. Keksinnön eräänä puolena esitetään patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä. Keksinnön eräänä puolena esitetään patenttivaatimuksen 12 mukainen radiojärjestelmä. Keksinnön eräänä puolena esitetään patenttivaatimuksen 23 mukainen radiojärjestelmän tilaajapäätelaite. Keksinnön eräänä puolena esitetään patenttivaatimuksen 24 mukainen radiojärjestelmän verkko. Keksinnön muut edulliset suoritusmuodot ovat epäitseenäisten patenttivaatimusten kohteena.

Keksintö perustuu siihen, että vaikka puhekehys olisikin kanavadekoodauksen perusteella virheetön, niin tutkitaan kanavadekoodatun puhekehyyksen sisältämää ainakin yhtä puhetta kuvaavaa parametria, ja päätetään tutkimuksen perusteella kannattaako puhekehystä yrittää dekodata puhedekooderilla. Audioshokki vältetään siis siten, ettei sokeasti luoteta kanavadekoodauksen kykyyn havaita virheet. Toisaalta jos järjestelmässä salaus purettiin kanavadekoodauksen jälkeen, niin silloin kanavadekoodatun ja salauk-

sesta puretun puhekehityksen sisältämien parametrien tutkiminen estää myös mahdollisen audioshokin tilanteessa, jossa kanavadekoodattu puhekehitys oli virheetön, mutta salauksen purku sotki puhekehityksen sisällön.

Keksinnön merkittävin etu on se, että sitä käytettäessä voidaan välttää audioshokit edelläkuvatuissa ongelmatilanteissa.

Kuvioluettelo

Keksinnön edulliset suoritusmuodot selostetaan esimerkinomaisesti alla viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

- kuvio 1 esittää esimerkkiä radiojärjestelmän rakenteesta;
- 10 kuvio 2 esittää radiojärjestelmän verkon ja radiojärjestelmän tilaaja-päätelaitteen rakennetta;
- kuvio 3 esittää radiolähettimen ja radiovastaanottimen rakennetta;
- kuvio 4 esittää puhebittien kanavakoodausta;
- kuvio 5 on vuokaavio havainnollistaen menetelmää puhekehityksen
- 15 käsittelemiseksi radiojärjestelmässä.

Suoritusmuotojen kuvaus

Viitaten kuvioon 1 selostetaan radiojärjestelmän rakenne. Selostettava järjestelmä on TETRA, mutta on selvää, etteivät suoritusmuodot ole rajoittuneet pelkästään kyseiseen järjestelmään, vaan niitä voidaan käyttää kaikissa radiojärjestelmissä, joissa esiintyy ainakin toinen alussa esitetyistä ongelmista, eli kanavadekoodauksen epäideaalisuus ja/tai salauksenpurun väärä toiminta. TETRA-standardi kuvaa kuusi systeemikomponenttia ja niiden väliset liittynät. Systeemikomponenttien sisäisiä liittymäjä ei ole määritetty standardissa, jotta valmistajat voivat tehokkaimmalla mahdollisella tavalla toteuttaa kunkin systeemikomponentin sisäisen rakenteen. Systeemikomponentit ovat:

20 verkko (network) 100, johtoasema (line station) 108, tilaajapäätelaitte (mobile station) 112, suoramooditilaajapäätelaitte (direct mode mobile station) 114, yhdyskäytävä (gateway) 104, ja verkonhallintayksikkö (network management unit) 106.

30 Verkko 100 on TETRA:n verkkojärjestelmä, joka käsittää yksittäisiä verkkoelementtejä, kuten kuviossa 2 kuvatun radioyhteyden toteuttavan tukiaseman 212 antennineen 210 ja matkapuhelinkeskuksen 214. Verkko 100 vastaa suunnilleen GSM-järjestelmän tukiasemajärjestelmää (base station subsystem) ja verkkojärjestelmää (network subsystem) yhdistettynä. Kuviossa

35 1 tätä yhdistelmää kuvataan viitenumerolla 102. Viitenumeron 102 lisäksi

verkko 100 sisältää myös verkonhallintayksikön 106 ja yhdyskäytävän 104. Kuten kuviosta 1 nähdään, niin TETRA-verkko 100 voidaan kytkeä yhteyteen myös toisen TETRA-verkon 120 kanssa, jolloin toisessa TETRA-verkossa 120 on radioyhteys 122 TETRA-tilaajapäätelaitteeseen 124.

- 5 Johtoasema 108 on käytännössä TETRA-verkkoa 100 valvovassa kontrollihuoneessa sijaitseva terminaali tai päivystäjän yksikkö (dispatcher unit).

- Yhdyskäytävä 104 mahdollistaa puhelut TETRA-verkon 100 käyttäjien ja ei-TETRA-verkon käyttäjien välillä. Yhdyskäytävän 104 määrittely on välttämätön, koska muut TETRA-verkkoon 100 kytkettävät verkot käyttävät yhteensopimattomia informaatioformaatteja ja kommunikointiprotokollia, jolloin täytyy suorittaa käännöksiä tai konversioita. Kuviossa 1 esitetään esimerkkinä ei-TETRA-verkosta julkinen puhelinverkko 130, jossa olevaan normaaliin puhelimeen 132 voidaan siis saada yhteys TETRA:n tilaajapäätelaitteesta 112.
- 15 Muita ei-TETRA-verkkoja joihin voidaan luoda yhteys yhdyskäytävän 104 välityksellä ovat ISDN (Integrated Services Digital Network) ja julkinen dataverkko (Public Data Network).

- Verkonhallintayksiköllä 106 suoritetaan verkonvalvontaa paikallisesti ja kaukokäytöllä. Verkonvalvonta käsittää esimerkiksi virhetilanteiden valvonnan, järjestelmän konfiguroinnin, laskutuksen, suorituskyvyn mittauksen, ja suunnittelun.
- 20

- Tilaajapäätelaitteella 112 saadaan radioyhteys 110 verkkoon 100. Tilaajapäätelaite 112 voi olla kannettava tai ajoneuvoon sijoitettu. Suoramooditilaajapäätelaitteella 114 voidaan olla radioyhteydessä 118 suoraan toisen suoramooditilaajapäätelaitteen 116 kanssa ilman, että verkkoa 100 käytetään mitenkään hyväksi radioyhteyden 118 toteuttamisessa. Radioyhteys 118 voi olla pisteestä-pisteeseen-yhteys tai monipisteyhteys. Myös sellainen laite, jossa yhdistyvät sekä normaali tilaajapäätelaite 112 että suoramooditilaajapäätelaite 114 on mahdollinen. Normaali radioyhteys 110 verkkoa 100 käyttäen käyttää trunking-moodi-ilmarajapintaa, ja kahden suoramooditilaajapäätelaitteen 114, 116 välinen radioyhteys 118 käyttää suoramoodi-ilmarajapintaa.
- 25
- 30

- Kahden suoramooditilaajapäätelaitteen 140, 148 välinen yhteys voidaan toteuttaa myös itsenäistä radiotoistinta 144 käyttäen. Tällöin ensimmäisen tilaajapäätelaitteen 140 ja radiotoistimen 144 välinen radioyhteys 142 käyttää muunnettua suoramoodi-ilmarajapintaa, samoin kuin toisen tilaajapäätelaitteen 148 ja radiotoistimen 144 välinen radioyhteys 146. Toinen tapa
- 35

kuuluvuusalueen laajentamiseksi on yhdyskäytäväradiotoistimen 152 käyttö. Tällöin suoramooditilaajapäätelaite 156 käyttää muunnettua suoramoodi-
 ilmarajapintaa radioyhteyden 154 toteuttamiseksi yhdyskäytäväradiotoistimen
 152 kanssa. Yhdyskäytäväradiotoistimen 152 radioyhteys 150 toteutetaan
 5 verkon 100 kanssa trunking-moodi-ilmaraajapintaa käyttäen.

Yhdessä eri puhelussa voi olla käytössä useita eri salauksia eri sala-
 lausavaimilla ja salausalgoritmeilla yhtäaikaan. Esimerkiksi kuviossa 1 tilaaja-
 päätelaitteen 112 ja verkon 100 välisessä yhteydessä 110 on radorajapinta-
 salaus. Sitten verkon 100 ja yhdyskäytäväradiotoistimen 150 välisessä yhtey-
 10 dessä 150 on myös radorajapintasalaus. Myös yhdyskäytäväradiotoistimen
 152 ja suoramooditilaajapäätelaitteen 156 välisessä yhteydessä 154 on radio-
 rajapintasalaus. Lisäksi tilaajapäätelaitteen 112 ja suoramooditilaajapäätelait-
 teen 156 välillä voi olla käytössä pisteestä-pisteeseen-salaus. Siis neljä eri
 salausta yhden puhelun toteuttamiseksi. Tilanne voisi myös olla pahempi,
 15 esimerkiksi siten, että yhdyskäytäväradiotoistimesta 152 olisi yhteys radiotois-
 timeen 144, josta edelleen olisi yhteys suoramooditilaajapäätelaitteeseen 148.
 Tällöin yhdessä puhelussa olisi jopa viisi eri salausta erilaisilla salaumaskeilla
 toteutettuna.

Kuvion 2 mukaisesti tilaajapäätelaitteessa 112 on antenni 200, lä-
 20 hetinvastaanotin 202, ja ohjausosa 204. Muita tilaajapäätelaitteen 112 kom-
 ponentteja, esimerkiksi käyttöliittymän toteuttavia välineitä ei ole tässä kuvattu.

Tässä ei enempää esitellä TETRA:a, vaan lukijaa kehoitetaan tar-
 vittaessa tutustumaan alussa mainittuun kirjaan "Digital Mobile Communica-
 tions and the TETRA System".

25 Seuraavaksi viitataan kuvioon 3, joka esittää radiolähettimen ja ra-
 diovastaanottimen rakennetta.

Kuvion 3 yläosassa esitetään lähettimen rakenne yksinkertaistetusti. On selvää, että lähetin käsittää myös muita toimintoja ja rakenneosia, mutta
 ne eivät ole tämän tarkastelun kannalta oleellisia. Puhe 320 koodataan puhe-
 30 kooderilla, esimerkiksi alussa mainitulla ACELP-kooderilla, jota kuvataan mai-
 nitussa kirjassa "Digital Mobile Communications and the TETRA System".
 ACELP-koodekin rakennetta kuvataan tähän viitteeksi otettavassa ETSI:n
 (European Telecommunication Standards Institute) spesifikaatiossa ETS 300
 395-1, May 1997, "Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Speech CODEC for
 35 full-rate traffic channel; Part 1: General Description of Speech Functions".

Seuraavaksi puhekoodekin tuottama, puhetta erilaisten parametrien muodossa kuvaava bittivirta viedään salauksen suorittavaan lohkoon 302, jossa alussa kuvatulla tavalla bittivirta salataan liittämällä siihen salausalgoritmin tuottama salausmaski.

- 5 Sitten salattu bittivirta kanavakoodataan kanavakooderissa 304, esimerkiksi TETRA:ssa ensin suoritetaan lohkokoodaus CRC:n muodossa ja sitten konvoluutiokoodaus. Tätä kuvataan tarkemmin kuviossa 4, joka esittää puhebittien kanavakoodausta. ACELP-koodekki tuottaa 137 bittiä kutakin 30 millisekunnin pituista puheen osaa kohti, joka vastaa bittinopeutta 4,567 kbit/s.
- 10 Bittejä on kaksi kertaa 137 bittiä, sillä yhteen radiorajapinnan purskeeseen sijoitetaan kaksi ACELP-koodekin tuottamaa puhekehystä. Yhden puhekehysten bitit jaetaan kolmeen eri luokkaan bittien herkkyyden perusteella. Virheelle kaikkein herkkimmät 30 bittiä sijoitetaan luokkaan 2, 56 bittiä sijoitetaan luokkaan 1, ja vähiten virheelle herkkimmät 51 bittiä luokkaan 0. Luokan 2 biteihin
- 15 lisätään kahdeksan bitin mittainen syklinen redundanssitarkastus ja lisäksi neljä häntäbittiä. Näin luokassa 2 on 72 bittiä, joille suoritetaan 8/18 konvoluutiokoodaus, eli kutakin kahdeksaa databittiä vastaa 18 kanavan koodattua databittiä, eli luokan 2 bittien lopullinen määrä on 162 bittiä. Luokan 1 biteille suoritetaan 2/3 konvoluutiokoodaus, eli 112 databitistä tulee 168 kanavan
- 20 koodattua databittiä. Luokan 0 bittejä ei suojata ollenkaan kanavakoodauksella, eli niitä tulee kanavaan yhteensä 102 bittiä. Bittien kokonaismäärä on siten $162 + 168 + 102 = 432$ bittiä, jotka jaetaan normaalissa nousevan siirtotien tai laskevan siirtotien purskeessa kahteen 216 bitin mittaiseen kenttään.

- 25 ACELP-koodekin tuottamat 137 bittiä kuvataan seuraavaksi taulukossa 1. Biteistä muodostuu parametreja, jotka luokitellaan kuuluviksi joko suodattimeen tai johonkin neljästä alikehyksestä. Suodatinparametrit ovat koodikirjaindeksejä (Codebook Index), joita on kymmenen kappaletta LSP1-LSP10 (LSP = Line Spectrum Pair). Kussakin alikehyksessä ovat seuraavat parametrit: äänenkorkeuden viive (Pitch Delay), koodikirjaindeksit neljälle eri
- 30 pulssille, pulssin globaali merkki (Pulse Global Sign), pulssin siirros (Pulse Shift) ja koodikirjaindeksi vahvistuksille (Gains).

| Parametrin luokka | Parametrin nimi | Bittien lukumäärä |
|-------------------|---------------------------------|-------------------|
| Suodatin | Koodikirjaindeksi: LSP1-LSP3 | 8 |
| | Koodikirjaindeksi: LSP4-LSP6 | 9 |
| | Koodikirjaindeksi: LSP7-LSP10 | 9 |
| Alikehys 1 | Äänenkorkeuden viive | 8 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 4 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 3 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 2 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 1 | 5 |
| | Pulssin globaali merkki | 1 |
| | Pulssin siirros | 1 |
| Alikehys 2 | Koodikirjaindeksi: vahvistukset | 6 |
| | Äänenkorkeuden viive | 5 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 4 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 3 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 2 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 1 | 5 |
| | Pulssin globaali merkki | 1 |
| Alikehys 3 | Pulssin siirros | 1 |
| | Koodikirjaindeksi: vahvistukset | 6 |
| | Äänenkorkeuden viive | 5 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 4 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 3 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 2 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 1 | 5 |
| Alikehys 4 | Pulssin globaali merkki | 1 |
| | Pulssin siirros | 1 |
| | Koodikirjaindeksi: vahvistukset | 6 |
| | Äänenkorkeuden viive | 5 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 4 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 3 | 3 |
| | Koodikirjaindeksi: pulssi 2 | 3 |

Taulukko 1: ACELP-koodekin tuottamat 137 bittiä

Puheen dekodauksessa taulukossa 1 kuvatut parametrit dekodataan ja synteesisuodattimella rekonstruoidaan puhe. Tärkeimmät, luokkaan 2 kuuluvat, bitit sijaitsevat seuraavissa puhekehyksen parametreissa:

- Koodikirjaindeksi: LSP1-LSP3, puhekehyksen bitit B1-B4;
- Koodikirjaindeksi: LSP4-LSP6, puhekehyksen bitit B9-B12;
- Koodikirjaindeksi: LSP7-LSP10, puhekehyksen bitit B18-B21;
- Äänenkorkeuden viive alikehykselle 1, puhekehyksen bitit B27-B32;
- Kussakin alikehyksessä 1-4 koodikirjaindeksi: vahvistukset, puhekehyksen bitit B51-B53, B73-B80, B105-B107 ja B132-B134.

Salattu ja kanavakoodattu kehys lähetetään lopuksi radiotielle 110 moduloimalla se modulaattorissa 306. TETRA:ssa käytetään monikäyttömenetelmänä TDMA:a (Time Division Multiple Access), ja modulointimenetelmänä on $\pi/4 - DQPSK$ (Differential Quaternary Phase Shift Keying).

Kuvion 3 alaosassa esitetään vastaanottimen rakenne yksinkertaistetusti. On selvää, että vastaanotin käsittää myös muita toimintoja ja rakenneosia, mutta ne eivät ole tämän tarkastelun kannalta oleellisia. Seuraavassa viitataan myös kuvion 5 vuokaavioon, jossa havainnollistetaan menetelmää puhekehyksen käsittelemiseksi radiojärjestelmässä.

Radiotieltä 110 vastaanotettu purske demoduloidaan demodulaattorissa 308. Sitten kanavadekooderissa 310 suoritetaan kanavadekoodaus, eli lasketaan syklinen redundanssitarkastus ja puretaan konvoluutiokoodaus esimerkiksi Viterbi-dekooderia käyttäen. Tässä kohdassa aletaan varsinaisesti suorittaa menetelmää puhekehyksen käsittelemiseksi radiojärjestelmässä. Menetelmän suoritus aloitetaan lohkoissa 500, ja lohkoissa 502 kanavadekoodataan radiotien ylitse kulkenut kanavakoodattu puhekehys.

Seuraavaksi menetelmässä on optionaalinen salauksenpurkulohko 504, jossa puretaan puhekehyksen salaus, jos sellaista on käytetty.

Sitten lohkoissa 506 tarkistetaan onko kanavadekoodauksen perusteella puhekehys virheetön. Tämä voidaan suorittaa esimerkiksi vertaamalla laskettua syklistä redundanssitarkastusta kanavasta vastaanotettuun luokan 2 bitteihin sisältyvään kahdeksanbittiseen sykliseen redundanssitarkastukseen.

Jos kanavadekoodauksen, esimerkiksi syklisen redundanssitarkastuksen, mukaan puhekehys on virheellinen, niin lohkosta 506 mennään nuolen 520 mukaisesti lohkoon 514. Lohkon 514 mukaisesti kyseistä virheellistä puhekehystä ei yritetä koodata puhedekooderilla 316, vaan:

5 A) Puhekehys voidaan korvata esimerkiksi aikaisemmin vastaanotetulla virheettömällä puhetta sisältävällä puhekehyksellä, vahvistusta vähentäen.

 B) Laitetaan puheeseen kyseisen puhekehyn paikalle tauko, eli 30 millisekunnin aikana laitteen kaiuttimesta ei kuulu puhetta.

10 C) Radioyhteys 110 voidaan katkaista, jos radioyhteys on liian huono, esimerkiksi jos virheellisiä puhekehysjä on tullut jo tietty määrä peräkkäin tai tietyn aikajakson kuluessa.

 Jos puhelu loppuu, niin lohkosta 514 mennään nuolen 530 mukaisesti lohkoon 516, jossa lopetetaan menetelmän suoritus. Jos puhelu jatkuu, 15 niin lohkosta 514 mennään nuolen 528 mukaisesti lohkoon 502 käsittelemään seuraavaa vastaanotettua puhekehystä.

 Jos kanavadekoodauksen perusteella puhekehys on virheetön, niin lohkosta 506 mennään nuolen 522 mukaisesti lohkoon 508. Lohkossa 508 päätellään kanavadekoodatun puhekehyn sisältämän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon perusteella sisältääkö puhekehys puhedekooderilla dekoodattavissa olevaa puhetta. Esimerkiksi TETRA:ssa puhetta 20 kuvaavalla parametrilla tarkoitetaan edellä taulukossa 1 kuvattuja ACELP-koodeilla tuotettuja parametreja. Tämä päättely voidaan suorittaa US-patentissa 6,021,385 (Järvinen et al.) kuvattavalla tavalla muodostamalla puhetta kuvaavan parametrin arvoille todennäköisyysjakauma, kuitenkin sillä erotuksella, että menetelmän käyttöönottoa ei tehdä radiolinkin laadun perusteella vaan kanavadekoodauksen onnistumisen perusteella. Poikkeuksena on myös se että puhekehyn sisältämiä kanavakoodauksella suojattuja virheelle herkimpiä bittejä käytetään päättelyssä 508, eli TETRA:ssa myös luon 25 kan 2 bittejä käytetään lohkon 508 päättelyssä apuna. Tässä hakemuksessa kuvattavan menetelmän erona kyseiseen US-patenttiin on myös se, että kyseinen US-patentti ei kykene ratkaisemaan tässä hakemuksessa esitettyjä ongelmia. US 6,021,385:n tarkoituksena on parantaa puheen dekoodauksen laatua, ja siinä käytetään hyväksi tietoa radiolinkin laadusta, esimerkiksi vastaanottotehoa tai bittivirhesuhdetta. 35

Lohkossa 510 tarkistetaan lohkoissa 508 suoritettun päätelyn tulos. Jos päätelyn mukaan puhekehys sisältää puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta, niin mennään nuolen 526 mukaisesti lohkoon 512, jossa dekodataan puhekehys puhedekooderilla 316. Sitten jos puhelu loppuu, niin
 5 lohkosta 512 mennään nuolen 532 mukaisesti lohkoon 516, jossa lopetetaan menetelmän suoritus. Jos puhelu jatkuu, niin lohkoista 512 mennään nuolen 534 mukaisesti lohkoon 502 käsittelemään seuraavaa vastaanotettua puhekehystä. Jos päätelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta, niin mennään nuolen 524 mukaisesti edellä kuvattuun lohkoon 514, jossa kyseistä puhekehystä ei dekodata, vaan suoritetaan jokin lohkon 514 korvaavista toimenpiteistä.

Kuvion 3 mukainen radiojärjestelmä käsittää siis lisäksi päätelyvälineet 314 päätellä kanavadekoodatun puhekehysten sisältämän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon perusteella sisältääkö puhekehys puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta, jos kanavadekooderin 310
 15 mukaan puhekehys on virheetön. Lisäksi puhedekooderi 316 on sovitettu dekodamaan puhekehys jos päätelyn mukaan puhekehys sisältää puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta, ja puhedekooderi 316 on sovitettu olemaan dekodamatta puhekehystä jos päätelyn mukaan puhekehys
 20 ei sisällä puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta. Mahdollinen salauksenpurkaja 312 on kytketty kanavadekooderin 310 ja päätelyvälineiden 314 väliin, joskin muissa järjestelmissä kuin TETRA:ssa salauksenpurkaja 312 voi olla myös ennen kanavadekooderia 310. Salauksenpurkajasta 312 salauksesta purettu puhekehys viedään päätelyvälineisiin 314, sekä nuolen 324 mukaisesti myös puhedekooderiin 316.

Nuolen 322 mukaisesti kanavadekooderi 310 lähettää huonon kehysten osoituksen puhedekooderille 316, jos kanavadekoodauksen perusteella puhekehys on virheellinen. Puhedekooderista 316 tulee optimitalauksessa ulos samalta kuulostava puhe 320 kuin mitä alunperin lähetettiin lähet-
 30 timessä.

Eräässä edullisessa suoritusmuodossa päätelyvälineet 314 on sovitettu lähettämään huonon kehysten osoitus 324 puhedekooderille 316, jos päätelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta. Toinen ratkaisu, jolla voidaan ilmoittaa puhedekooderille 316
 35 ettei puhekehysten dekodaukselta kannata yrittää on sellainen, jossa päätelyvälineet 314 on sovitettu lähettämään paluusekvenssi (homing sequence) 326

puhedekooderille 316, jos päättelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta. Paluusekvenssin tarkoituksena on saattaa puhedekooderi 316 tunnettuun tilaan, ja mahdollistaa siten sellaisen ulostulon antaminen kaiuttimelle, joka ei aiheuta audioshokkia.

- 5 Eräässä edullisessa suoritusmuodossa menetelmän lohkon 508 mukainen päättely suoritetaan siten, että päättelyvälineet 314 suorittavat päättelyn todennäköisyyslaskentaa hyväksikäyttäen. Tämä toteutetaan esimerkiksi siten, että päättelyvälineet 314 laskevat päättelyssä ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon todennäköisyyden. Jos puhetta kuvaava
10 parametri saa jonkin siinä tilanteessa hyvin epätodennäköisen arvon, voidaan olettaa ettei puhekehys sisällä puhetta. Tietenkin käyttämällä kahta tai useampaa parametria, joille lasketaan todennäköisyys, saadaan päättelyn varmuus kasvamaan. Puhetta kuvaavan parametrin arvon muutoksen todennäköisyydelle voidaan myös laskea arvo. Tällöin päättelyvälineissä 314 on määriteltä
15 verrattavan parametrin arvon muuttumisen todennäköisyydelle tietyn puhekehysmäärän aikana kynnysarvo. Päättelyvälineet 314 päättelevät ettei puhekehys sisällä puhedekooderilla 316 dekodattavissa olevaa puhetta, jos muutoksen todennäköisyys on pienempi kuin kynnysarvo. Esimerkkinä voidaan ajatella, että normaalisti puhelun aikana puhujan äänen korkeus ei vaihtelee kovin
20 kaan paljoa. Jos äänenkorkeutta kuvaavan parametrin arvo muuttuu liikaa kahden peräkkäisen puhekehysten välillä, voidaan päätellä, että puhekehys on korruptoitunut joko radiotien häiriöiden vuoksi ja/tai salauksenpurun virheellisen toiminnan vuoksi. Ei siis olla kiinnostuneita parametrin arvosta tai sen muuttumisesta sinänsä, vaan parametrin arvon todennäköisyydestä tai
25 parametrin arvon muutoksen todennäköisyydestä.

- Periaatteessa parametrien todennäköisyyslaskennassa on kyse siitä, että todellisissa olosuhteissa parametrien bittien kesken on aina korrelaatiota. Todennäköisyyslaskentaa voidaan käyttää yhden puhekehysten sisällä olevien parametrien välisten todennäköisyyksien laskentaan, tai peräkkäisten puhekehysten joidenkin parametrien välisiin arvoihin. Molempia laskentatapoja voidaan tietysti myös käyttää yhtäaikaan tuloksen varmistamiseksi, esimerkiksi siten, että ensin lasketaan puhekehysten välisiä todennäköisyyksiä, ja sitten jos puhekehys alkaa näyttää korruptoituneelta, niin lasketaan kyseisen puhekehysten ainakin yhdelle parametrille todennäköisyys. Peräkkäisten puhekehysten arvojen vertaaminen edellyttää, että päättelyvälineiden
35

314 yhteydessä on muistia, johon edellisiä laskettuja arvoja tai kokonaisia puhekehyksiä voidaan tallentaa.

Kuvion 3 mukainen lähetin/vastaanotinpari voi olla esimerkiksi kaksi TETRA:n normaalia tilaajapäätelaitetta 112, kaksi TETRA:n suoramooditilaajapäätelaitetta 114, tilaajapäätelaite 112 ja verkko 100, tai verkko 100 ja tilaajapäätelaite 112. Yhteyden ollessa verkon 100 ja tilaajapäätelaitteen välinen, puheen dekoddausta voidaan tehdä yhdyskäytävässä 104 ennen menoa ei-TETRA-verkkoon 130, tai verkon 100 jossakin osassa kuten matkapuhelinkeskuksessa 214 ennen menoa toiseen TETRA-verkkoon 120 tai johtoasemaan 108.

Tarvittava toiminnallisuus voidaan toteuttaa esimerkiksi yleiskäyttöisessä prosessorissa suoritettavana ohjelmistona, jolloin vaaditut toiminnallisuudet toteutetaan ohjelmistokomponentteina. Myös laitteistototeutus on mahdollinen, esimerkiksi ASIC:ina (Application Specific Integrated Circuit) tai erilliskomponenteista rakennettuna ohjauslogiikkana. Tyypillisesti kaikki kuviossa 3 kuvatut toiminnot voidaan toteuttaa ohjelmistona. Siten keksinnön kannalta merkittävät päättelyvälineet 314 voidaan myös edullisesti toteuttaa ohjelmistona, joka vastaanottaa syöttötietoa salauksenpurkajasta 312, ja jolla on syöttöliityntä 326 puhedekooderiin 316. Ohjelmistoja voidaan suorittaa esimerkiksi tilaajapäätelaitteen 112 ohjausosassa 204 ja verkossa 100 esimerkiksi matkapuhelinkeskuksen 214 tai yhdyskäytävän 104 ohjausosassa.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaiseen esimerkkiin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut siihen, vaan sitä voidaan muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä puhekehityksen käsittelemiseksi radiojärjestelmässä, käsittäen:

(502) kanavadekoodataan radiotien ylitse kulkenut kanavakoodattu puhekehys;

t u n n e t t u siitä, että:

(506, 522) jos kanavadekoodauksen perusteella puhekehys on virheetön,

niin (508) päätellään kanavadekoodatun puhekehityksen sisältämän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon perusteella sisältääkö puhekehys puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta,

ja (510, 526) jos päättelyn mukaan puhekehys sisältää puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta, niin (512) dekodataan puhekehys puhedekooderilla,

ja (510, 524) jos päättelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta, niin (514) kyseistä puhekehystä ei dekodata.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että puhekehys on salattu, jolloin menetelmässä (504) puretaan puhekehityksen salaus.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että (504) puhekehityksen salaus puretaan kanavadekoodauksen (502) jälkeen ennen päättelyä (508).

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että jos päättelyn (508) mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta, niin lähetetään huonon kehityksen osoitus puhedekooderille.

5. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että jos päättelyn (508) mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta, niin lähetetään paluusekvenssi puhedekooderille.

6. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että myös puhekehityksen sisältämiä kanavakoodauksella suojattuja symboleja käytetään päättelyssä (508).

7. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että päättely (508) suoritetaan todennäköisyyslaskentaa hyväksikäyttäen.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että päättelyssä (508) lasketaan ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon todennäköisyys.

5 9. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että päättelyssä (508) lasketaan ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon muutoksen todennäköisyys.

10 10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että parametrin arvon muuttumisen todennäköisyydelle tietyn puhekehysmäärän aikana on määritelty kynnyсарvo.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että jos muutoksen todennäköisyys on pienempi kuin kynnyсарvo, niin päätellään, että puhekehys ei sisällä puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta.

12. Radiojärjestelmä käsittäen kanavadekooderin (310) kanavadekoodata radiotien ylitse kulkenut kanavakoodattu puhekehys, ja puhedekooderin (316) dekodata puhekehys;

tunnettu siitä, että

radiojärjestelmä käsittää lisäksi päättelyvälineet (314) päätellä kanavadekoodatun puhekehysen sisältämän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon perusteella sisältääkö puhekehys puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta, jos kanavadekooderin (310) mukaan puhekehys on virheetön;

ja puhedekooderi (316) on sovitettu dekodamaan puhekehys jos päättelyn mukaan puhekehys sisältää puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta, ja puhedekooderi (316) on sovitettu olemaan dekodaamatta puhekehystä jos päättelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että puhekehys on salattu, jolloin radiojärjestelmä käsittää salauksenpurkajan (312) purkaa puhekehysen salaus.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että salauksenpurkaja (312) on kytketty kanavadekooderin (310) ja päättelyvälineiden (314) väliin.

15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineet (314) on sovitettu lähettämään huonon ke-

hyksen osoitus (324) puhedekooderille (316), jos päättelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta.

16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineet (314) on sovitettu lähettämään paluusekvenssi (326) puhedekooderille (316), jos päättelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta.

17. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 12-16 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineet (314) käyttävät myös puhekehyn sisälttämiä kanavakoodauksella suojattuja symboleja päättelyssä.

18. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 12-17 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineet (314) suorittavat päättelyn todennäköisyyslaskentaa hyväksikäyttäen.

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineet (314) laskevat päättelyssä ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon todennäköisyyden.

20. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen 12-19 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineet (314) laskevat päättelyssä käsiteltävän puhekehyn sisälttämän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon muuttumisen todennäköisyyden.

21. Patenttivaatimuksen 20 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineissä (314) on määritelty parametrin arvon muuttumisen todennäköisyydelle tietyn puhekehysmäärän aikana kynnysarvo.

22. Patenttivaatimuksen 21 mukainen radiojärjestelmä, tunnettu siitä, että päättelyvälineet (314) päättävät ettei puhekehys sisällä puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta, jos muutoksen todennäköisyys on pienempi kuin kynnysarvo.

23. Radiojärjestelmän tilaajapäätelaite käsittäen kanavadekooderin (310) kanavadekoodata radiotien ylitse kulkenut kanavakoodattu puhekehys, ja puhedekooderin (316) dekodata puhekehys;

tunnettu siitä, että

tilaajapäätelaite (112, 114) käsittää lisäksi päättelyvälineet (314) päätellä kanavadekoodatun puhekehyn sisälttämän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon perusteella sisältääkö puhekehys puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta, jos kanavadekooderin (310) mukaan puhekehys on virheetön;

ja puhedekooderi (316) on sovitettu dekoddaamaan puhekehys jos päätelyn mukaan puhekehys sisältää puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta, ja puhedekooderi (316) on sovitettu olemaan dekoddaamatta puhekehystä jos päätelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla
5 (316) dekodattavissa olevaa puhetta.

24. Radiojärjestelmän verkko käsittäen kanavadekooderin (310) kanavadekoodata radiotien ylitse kulkenut kanavakoodattu puhekehys, ja puhedekooderin (316) dekoddata puhekehys;

t u n n e t t u siitä, että

10 verkko (110) käsittää lisäksi päätelyvälineet (314) päätellä kanavadekoodatun puhekehysten sisältämän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon perusteella sisältääkö puhekehys puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta, jos kanavadekooderin (310) mukaan puhekehys on virheetön;

15 ja puhedekooderi (316) on sovitettu dekoddaamaan puhekehys jos päätelyn mukaan puhekehys sisältää puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta, ja puhedekooderi (316) on sovitettu olemaan dekoddaamatta puhekehystä jos päätelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla (316) dekodattavissa olevaa puhetta.

(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena on menetelmä puhekehityksen käsittelemiseksi radiojärjestelmässä, radiojärjestelmä, radiojärjestelmän tilaajapäätelaite, sekä radiojärjestelmän verkko. Menetelmässä (502) kanavadekoodataan radiotien ylitse kulkenut kanavakoodattu puhekehys. Jos (506, 522) kanavadekoodauksen perusteella puhekehys on virheetön, niin (508) päätellään kanavadekoodatun puhekehityksen sisältävän ainakin yhden puhetta kuvaavan parametrin arvon perusteella sisältääkö puhekehys puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta, ja (510, 526) jos päättelyn mukaan puhekehys sisältää puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta, niin (512) dekodataan puhekehys puhedekooderilla, ja (510, 524) jos päättelyn mukaan puhekehys ei sisällä puhedekooderilla dekodattavissa olevaa puhetta, niin (514) kyseistä puhekehystä ei dekodata.

(Kuvio 5)

1/2

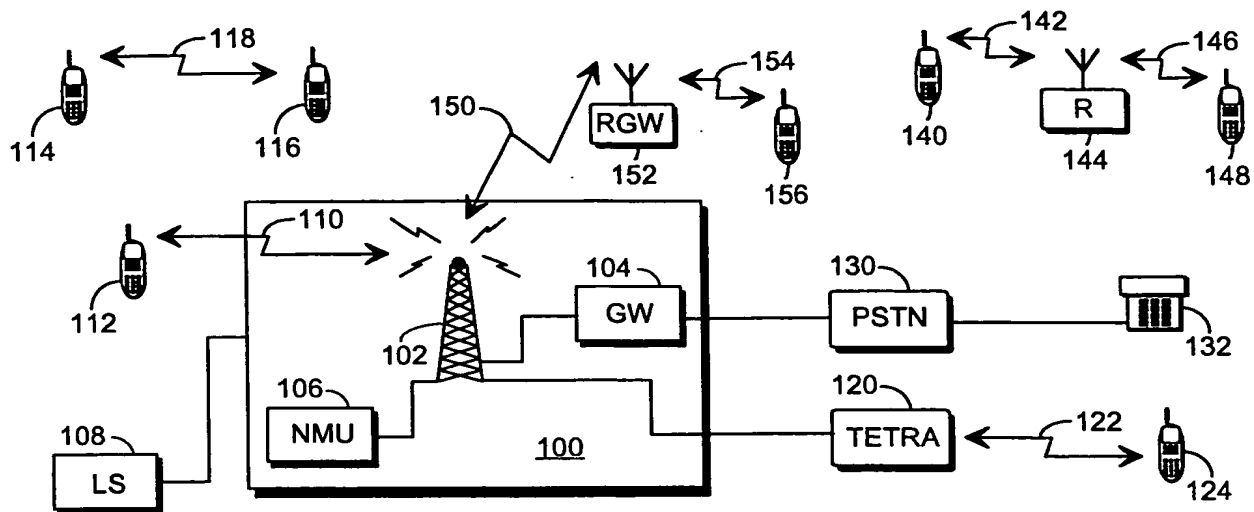


Fig 1

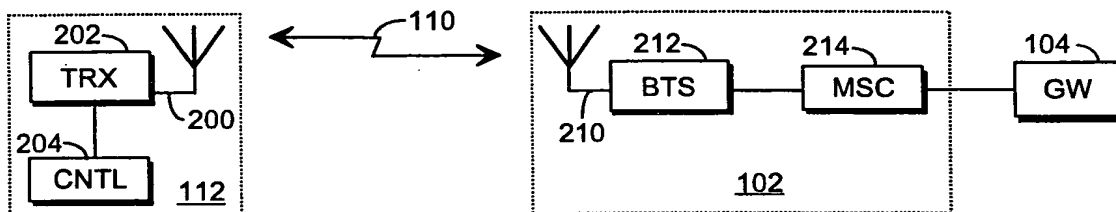


Fig 2

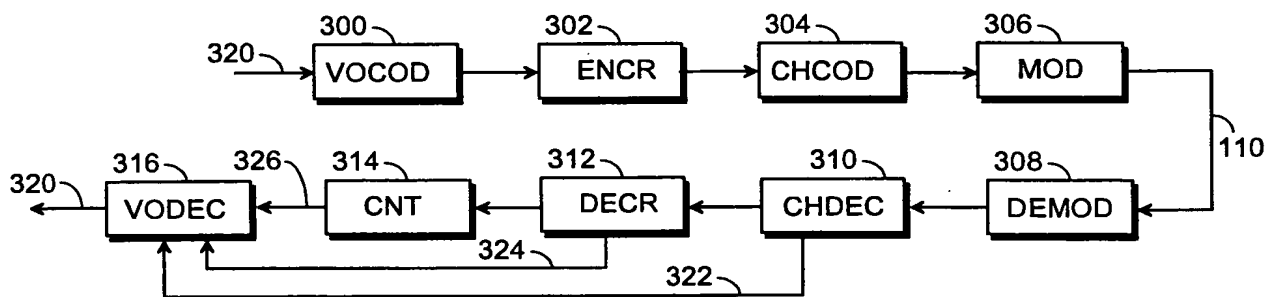


Fig 3

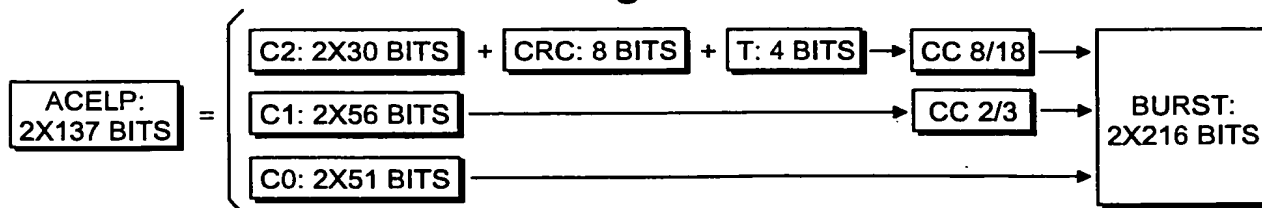


Fig 4

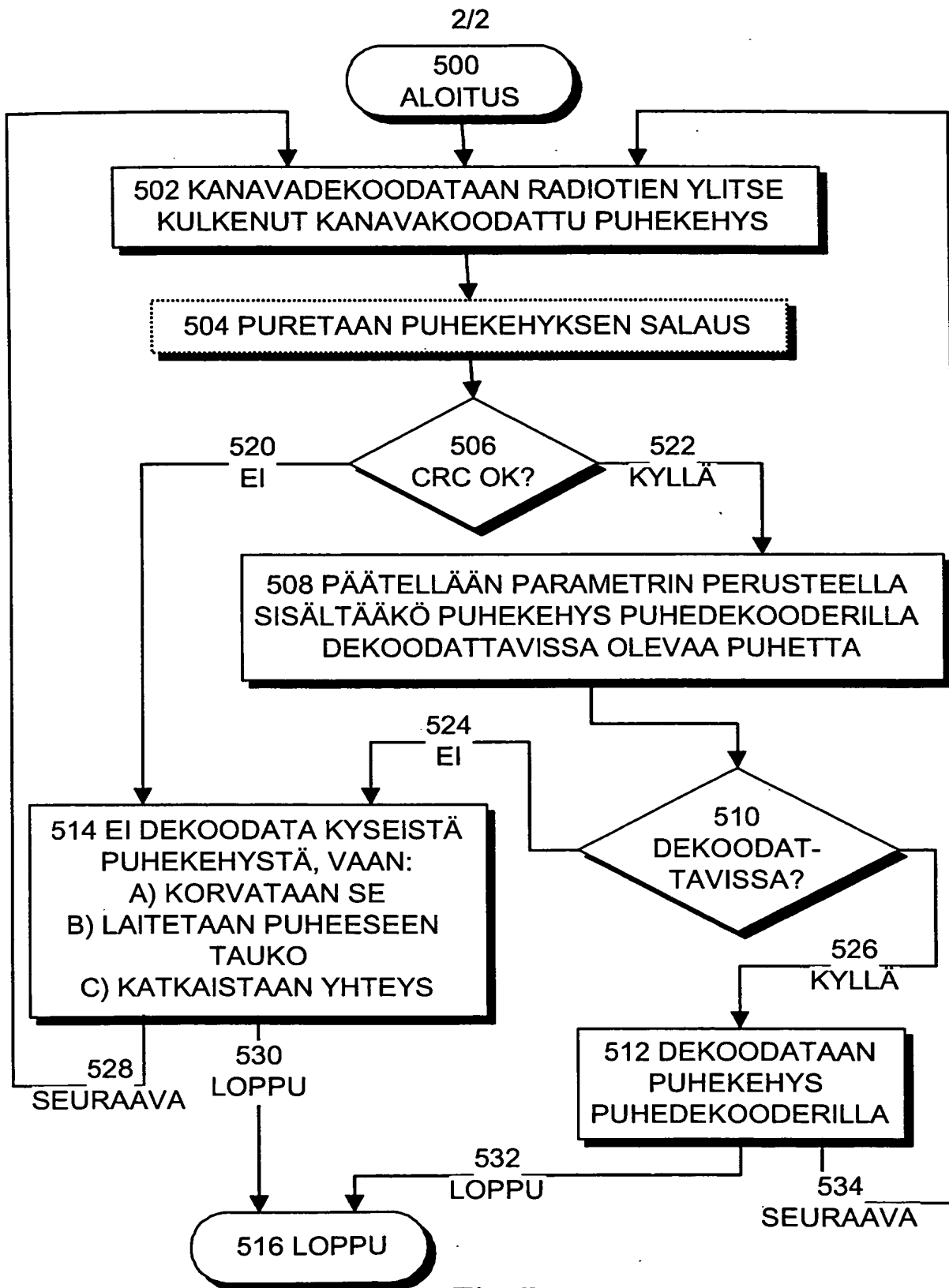


Fig 5